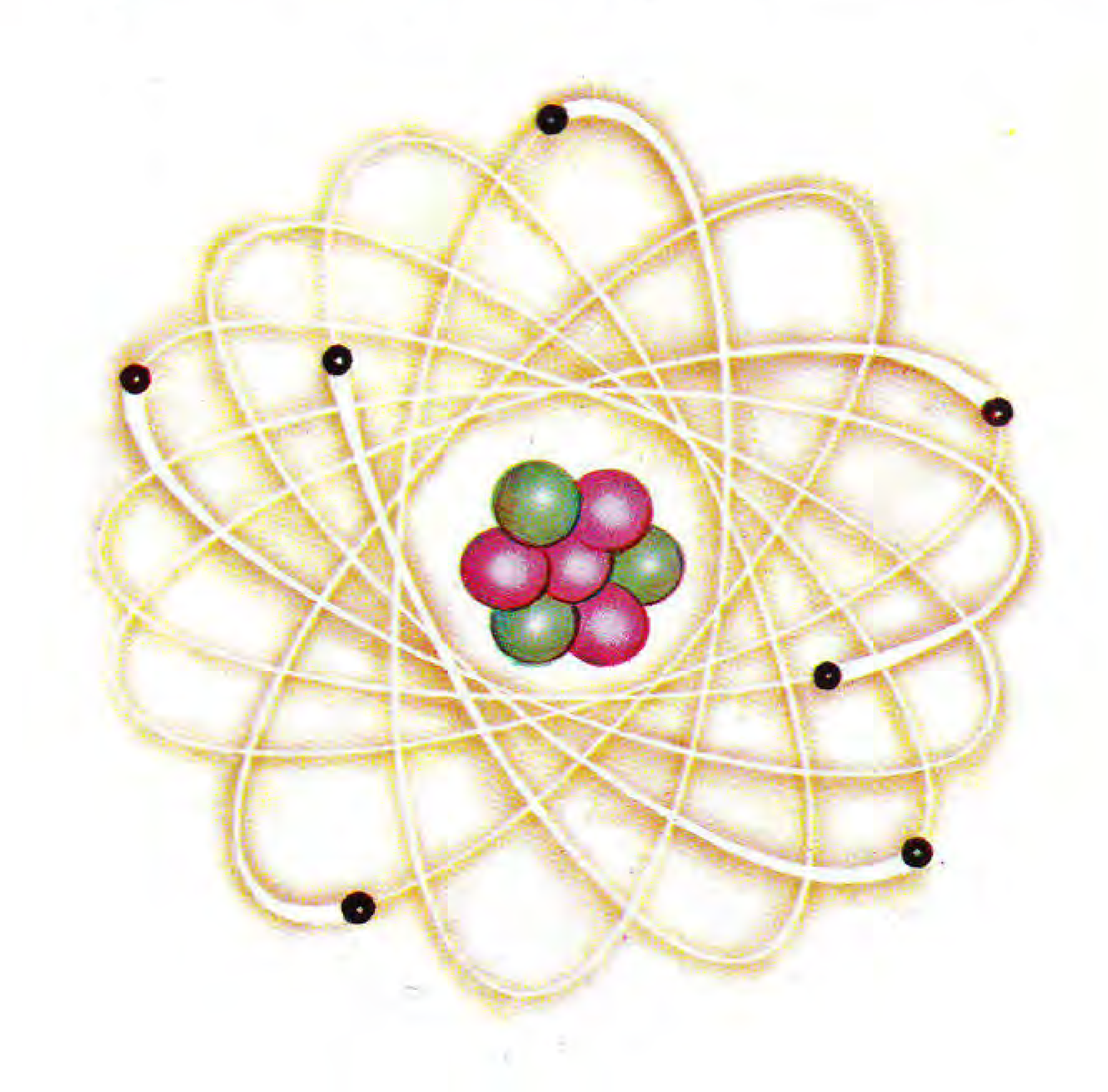
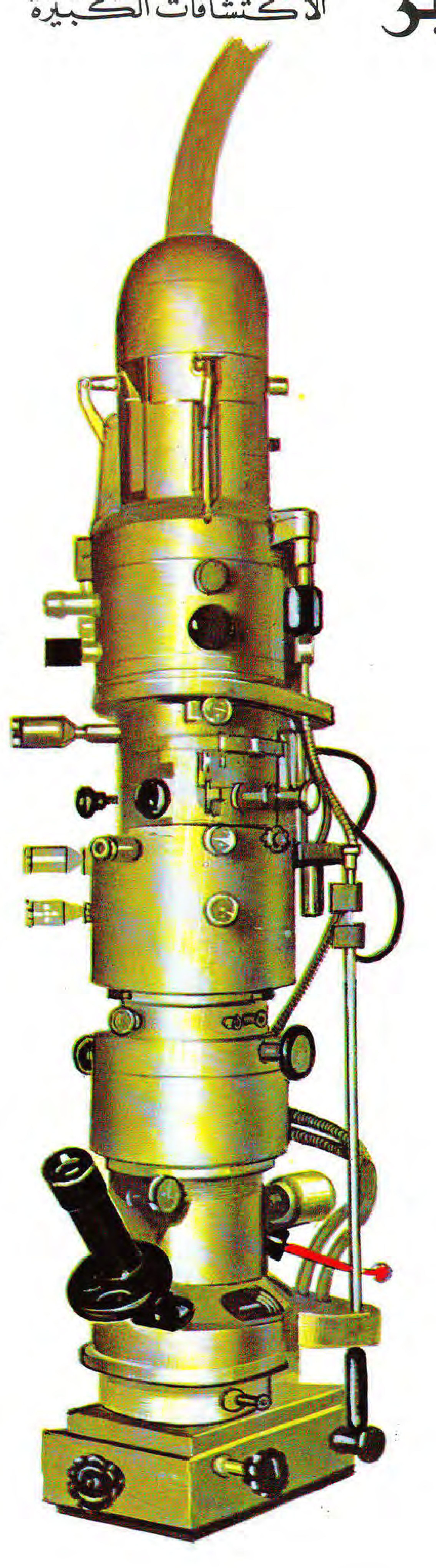
سلسلة من كل علم خبر

الاكتشافات الكبيرة





(٢٦)

مِنَ الذَرَّة إلى الفَضَاء

- كاشفات الجزئيات الدقيقة
- المدفعيّة الذريّة
- المِجهر الالكتروني عين قادرة على رؤيه الفيروسات والجزئيات

Les Grandes Inventions
F. Lot
Librairie Hachette

منشورات مكتبة سمير
شارع غورو - بيروت
تلفون ٢٢٦٠٨٥ - ٢٣٨١٨١

كاشفات الجزئيات الدقيقة

عندما افتُتِح قصرُ الاكتشاف ، بمناسبةِ إقامةِ المَعرض الدَولي عامَ ١٩٣٧ ، أثارَت دهشةَ الزُّوَّارِ عَجائِبُ وغرائِبُ كثيرة . كانوا إذا دخلوا في ما يُشبهُ المَعزِل[١] ، يسمعون في لحظةٍ من اللَحَظات ضَربةً صمّاءَ مثيرةً مخيفة . كانت تلك الأشارةُ المُرتَقَبة[٢] ، المنطلقة على حين غرَّة ، تُعلِن عن مرورِ شُعاعٍ كَوْنيٍّ ما ، أتى رسولاً غريباً ، من أَعماقِ الكَون . . . كان الجهازُ المُستَعمَلُ « عدَّادَ جَيْجر » ، الذي يَحمِلُ اسمَ مُختَرِعِه ، الفيزيائيِّ الألمانيّ « هانز جَيجر » (١٨٨٢ — ١٩٤٥) ، الذي طوَّره[٣] مع مساعدِه «مُولِر» .



تحرِّي معادن الأُورانيوم بواسطة عدّاد « جيجر » .

يَتَأَلَّف هذا الجهازُ من أُسطُوانة معدنِيَّة ملأى بغاز مُخَلخَل[٤] مُنَدَّر ، يمتَدُّ في

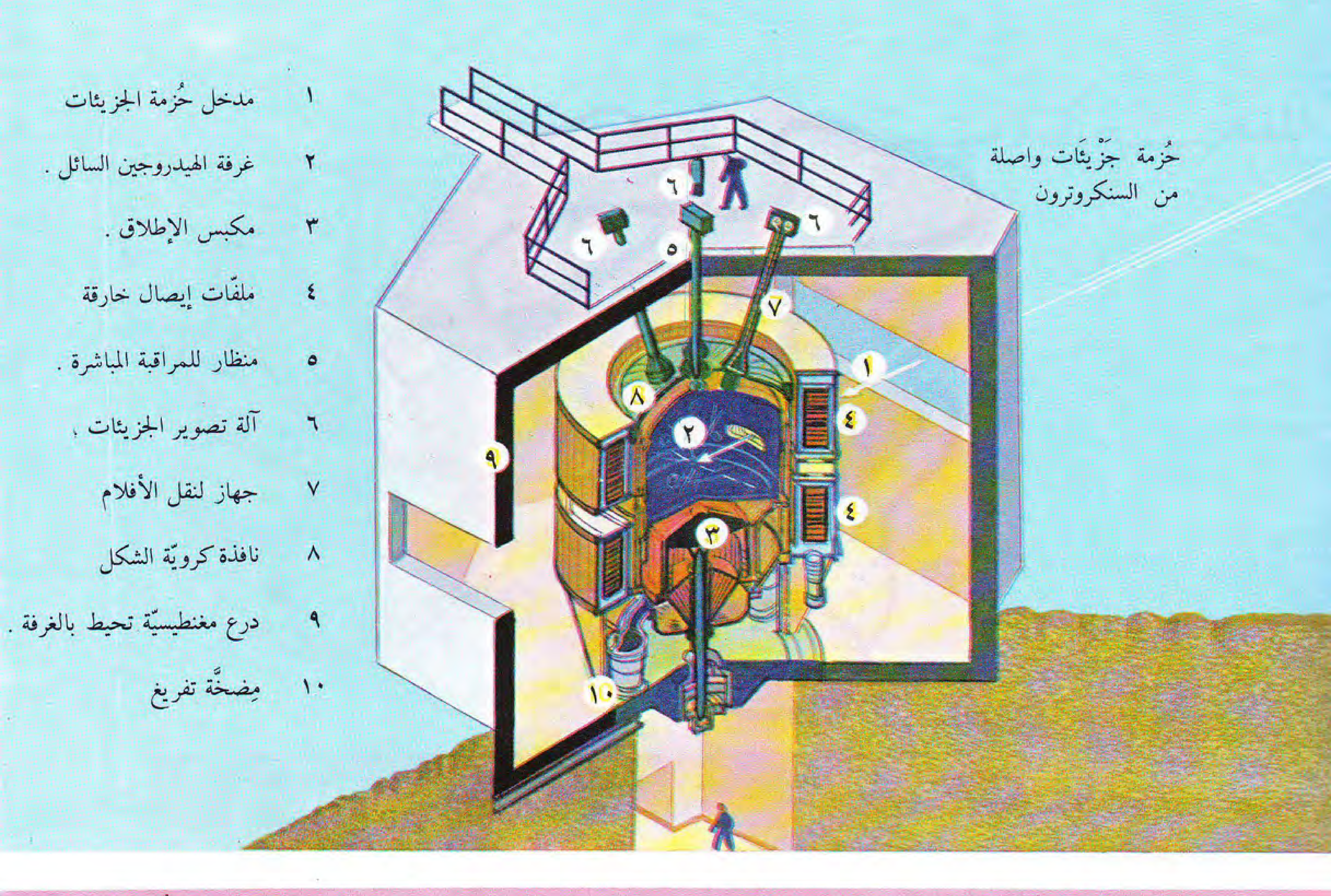


بعض هذه المعادِن الخام – . ١. الكرنوتيتِ – . ٢. بِكْبُلَنْد . – ٣. الأُورانيت – . ٤. الأوتونيت . – ٥. الأُورانوفان .

مِحورِها سلكٌ معدِنيّ . يُجعَلُ بين الأُنبوب والسِلك فارقُ كُمون (différence de potentiel) يبلُغُ من الارتفاع حدّاً ، يُصبحُ معه « أيُّ شيءٍ » قادراً على تَفجير الشرارة ، على أن يكونَ هذا « الشيءُ » أيّةَ جُزَيْئةٍ مشحونة . فبمِقدارِ ما تَنطلق شراراتٌ ، بمقدارِ ما تُحصى جُزَيْئات ، حتّى لتُكشَفُ أُلوفُ الجُزَيئَات في الثانية ، فيُكبَّرُ صوتُها ، ويُحصى عددُها بواسطةِ جهازٍ خاصّ .

يُقدِّم عدّاد « جَيجر – مولر » خدَماتٍ جليلةً ، في مجالِ البحثِ عن مناجِم الأورانيوم ، التي تكثُرُ حولَهَا الطَلَقاتُ ؛ وفي مراقبة الفاعِليّة[٥] الأشعاعيّة في المختَبرات ، التي يُمكن أن تتعرّضَ للإشعاعات الخطِرة . ولقد ظلَّ هذا العدّادُ ، سنواتٍ متعدِّدة ، الجهازَ الأهمَّ في الفيزياء النَوويَّة ، والفيزياء الكَونيّة .

إلّا أنَّ الفِيزيائِيِّين ، لمّا أرادوا التعمُّق في أبحاثهم ، إحتاجوا الى أَجهزةِ كشفٍ وتَحَرٍّ أَرهفَ حِسًّا ، وأبلغَ سرعةً ، بحيث تقدرُ أنْ تُسَجِّلَ آثارَ الجُزيئَات ، وتؤثِّر على مساراتها[٦] ، فيغدو بالإمكانِ قياسُ سرعتِها ونشاطِها ، ووزنِها ، كما يُمكن معرِفةُ ما اذا كانت ذات شُحنةٍ إيجابيَّة أو سلبيّة . وهكذا **دفَعَتهم** الحاجةُ الى ابتداع نَماذجَ مختلِفة من المُتَحرِّيات ، أشهرُها **غرفةُ الفقاقيع** ، التي وَضعَ تصميمَها الأميركيُّ « غلَيزر » ، فغدت جهازاً في غايةِ الضخامةِ والتعقيدِ . ولقد بُنِيَ على هذا الطِرازِ عملاقان فرنسيّان : « غرغَميل » العاملُ في جنيف ، و « ميرابيل » العامل في « سِربُوخوف » .



رسم بيانيّ لغرفة الفقاقيع العاملة في المركز الأوربيّ للبحوث النوَوِيّة ، في جنيف . تعطي الصورة فكرة عن تعقُّدِ الجهاز ، وعن ضخامة قياساته ، بالنسبة الى حجم الأشخاص .

يُبقَى السائبُ[٧] الذي تحتَويه الكاشِفةُ (البروبان او الفَريون في الأولى ، والهيدروجين السائل في الثانية) تحتَ ضغطٍ أقلَّ قليلاً من ضغط الغَلَيان الطبيعيّ ، ولذا يأخذ السائبُ في الغَلَيان بكتلتهِ كلِّها ، حالما تُثار طَلَقَة . فاذا دخلتِ الجهازَ جُزَيْئَة ، قُبَيْل بدءِ الغليان ، أحاطت بالجُزَيْئة فقاقيعُ بُخارٍ في غاية الصِغَر ، تُجسِّم خطَّ مَسارِها فيُصَوَّر . ومهما يكن مسارُ الجزيئات المشحونة موتوراً[٨] فهو يظلُّ منحنِياً بتأْثِير حقلٍ مغنطيسيّ جبّار .

وهكذا تتوصَّل الكاشِفَةُ حتى الى تَحَرِّي جُزَيئَاتٍ لا تَستغرِقُ حياتُها أكثَرَ من ١ / ١٠٠٠٠٠٠٠ من الثانية . . . هذا وتُلتَقَطُ في أثناء الاختبار الواحدِ ملايينُ الصور .



عدّاد « جيجر » مُزَوَّدٌ بسَمَّاعة .

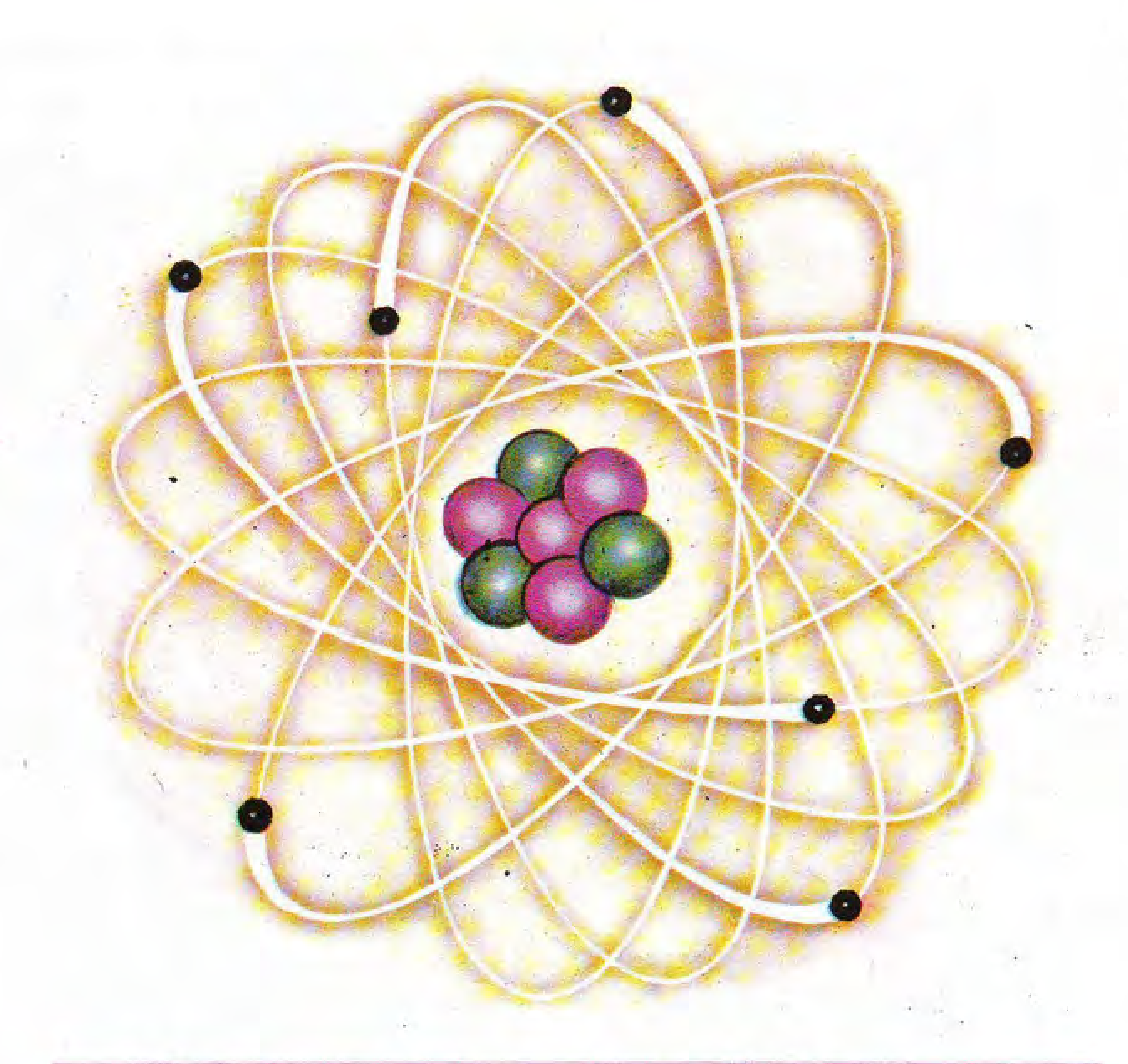
التفسير

١ – المَعزِل : المكان يُعزَل فيه شخصٌ أو شيء .
٢ – المُرتَقَبة : المنتَظَرَة : إرتَقب الشيء : إنتظره .
٣ – طَوَّر الآلة : حسَّنَها .
٤ – غاز مُخَلخَل : قليل ، مُندَّر .
٥ – الفاعليّة الإشعاعيّة : التأثير الإشعاعيّ .
٦ – مسارُ الجزيئة : الخط الذي تسيرُ عليه .
٧ – السائب : الجِسم الغازيُّ او السائل .
٨ – موتُور : مشدود . وَتَر القوس : شدَّها .

الأسئلة

١ – ما هي وظيفة جهاز « جيجر » ؟
٢ – ما الذي يفجِّر الجَزَيْئة في كاشفة الجزيئات ؟
٣ – ماذا تتضمَّن اسطوانة عدّاد جيجر؟
٤ – ما فائدة عدّاد جيجر في البحث عن الأورانيوم ؟
٥ – ما فائدة هذا العدّاد في مراقبة الفاعليّة الاشعاعيّة .
٦ – ما هو دور غرفة الفقاقيع ؟
٧ – كيف نتحَرّى الجُزَيئَة .
٨ – ألدَيك فكرة عن سرعة العمل ، في هذا الجهاز؟

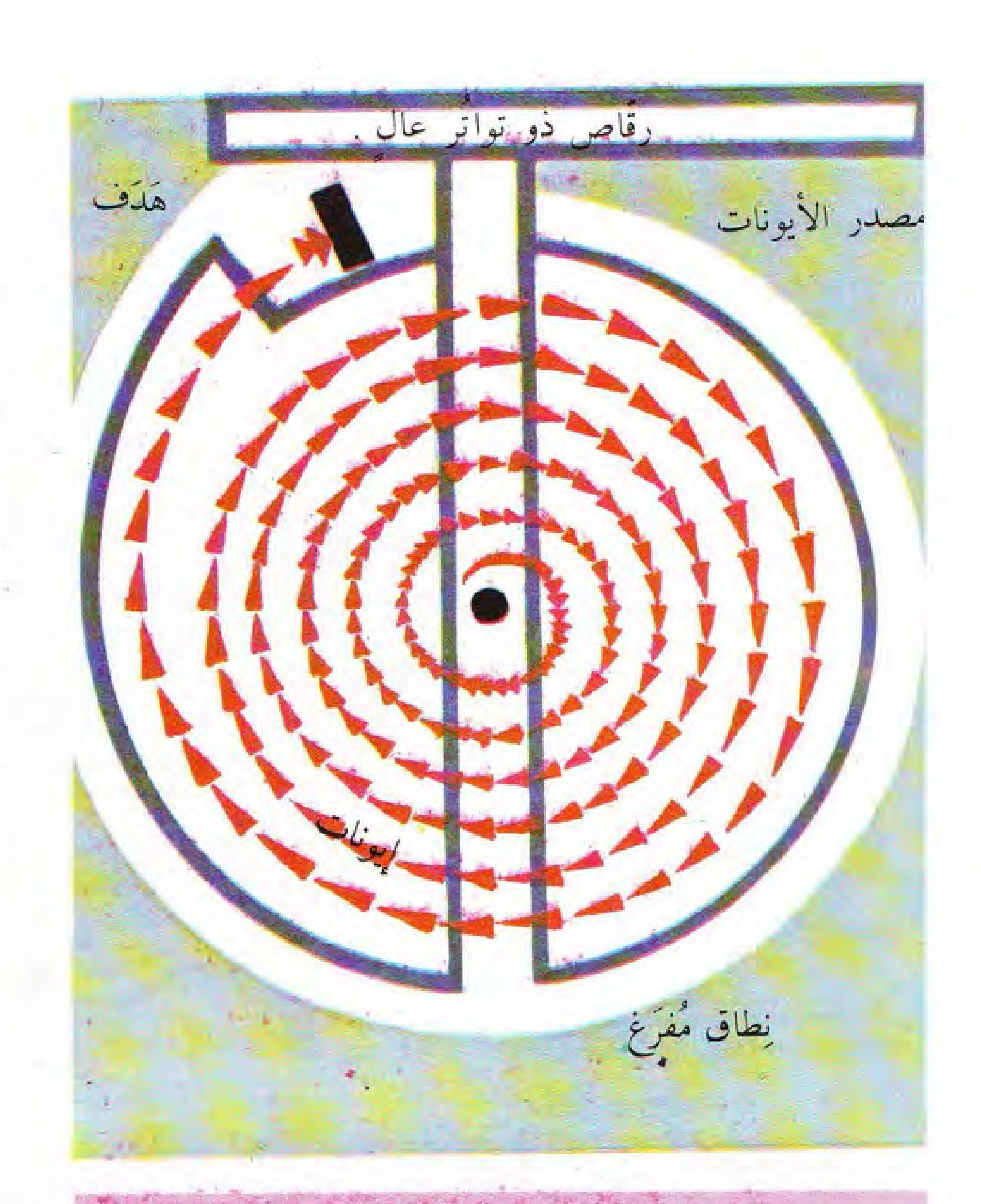
المدفعيّــة الذريّــة



كيف يمكن أنْ نتصوّر ذرَّة : في الوسط النواة ، وهي مركَّبة من بروتونات مشحونة إيجابيًّا ، ومن « نترونات » حياديّة غير مشحونة بشيء ؛ وحول النواة المدارات التي تسير عليها الإلكترونات وهي حبّاتُ الكهرباء السَلبيّة .

ترتبطُ الجُزَيْئاتُ[1] التي تشكّلُ نَواةَ الذرَّة — أيْ البُروتوناتُ والنِتْرونات — بعضُها ببعض ، بقُوىً نَوَوِيَّة خارقة . ولذا فإنَّ فَصلَها ، لمعرفةِ خصائِصها واكتشافِ أَعمقِ أَسرارِ المادّة ، بالدخول الى أجزائِها الحميمة ، لا يتمُّ الّا بوسيلة واحدة ، ألا وهي قَصْفُها[2] بجُزَيْئات أُخرى : كالبروتونات ، والألكترونات ، والدوتونات ، والهيليونات . هكذا وُلِدَتْ المِدفعيّة الذرِّيّة الغريبة ، التي تَستخدِمُ ، في مجال المتناهي الصِغَر ، وسائلَ هائلة ، معدّاتُها هي المسرِّعاتُ الضَخمة . والواقِعُ أنَّ هذه الآلات تُزَوِّد الجُزَيْئاتِ بسرعة تقارِبُ سرعةَ النور ، فتَتَّجهُ هذه الجُزَيْئاتُ نحوَ الهدفِ الذي اختير لها ، والذي تُرابطُ[3] أمامَه أَجهِزةُ التَحَرِّي[4] التي تسمحُ بتَصوير « الأَحداثِ » النَوَوِيَّة الخاطِفة ، السريعة الهُروب .

يَبذُلُ الفيزيائيّون جُهداً مُطَّرِداً لمضاعَفَةِ قُدرةِ المسَرِّعات ، وذلِك طمعاً في إحداث



مُصَوَّر بيانيّ للسيكلوترون ، وهو أوَّل مسرِّعة مستديرة .

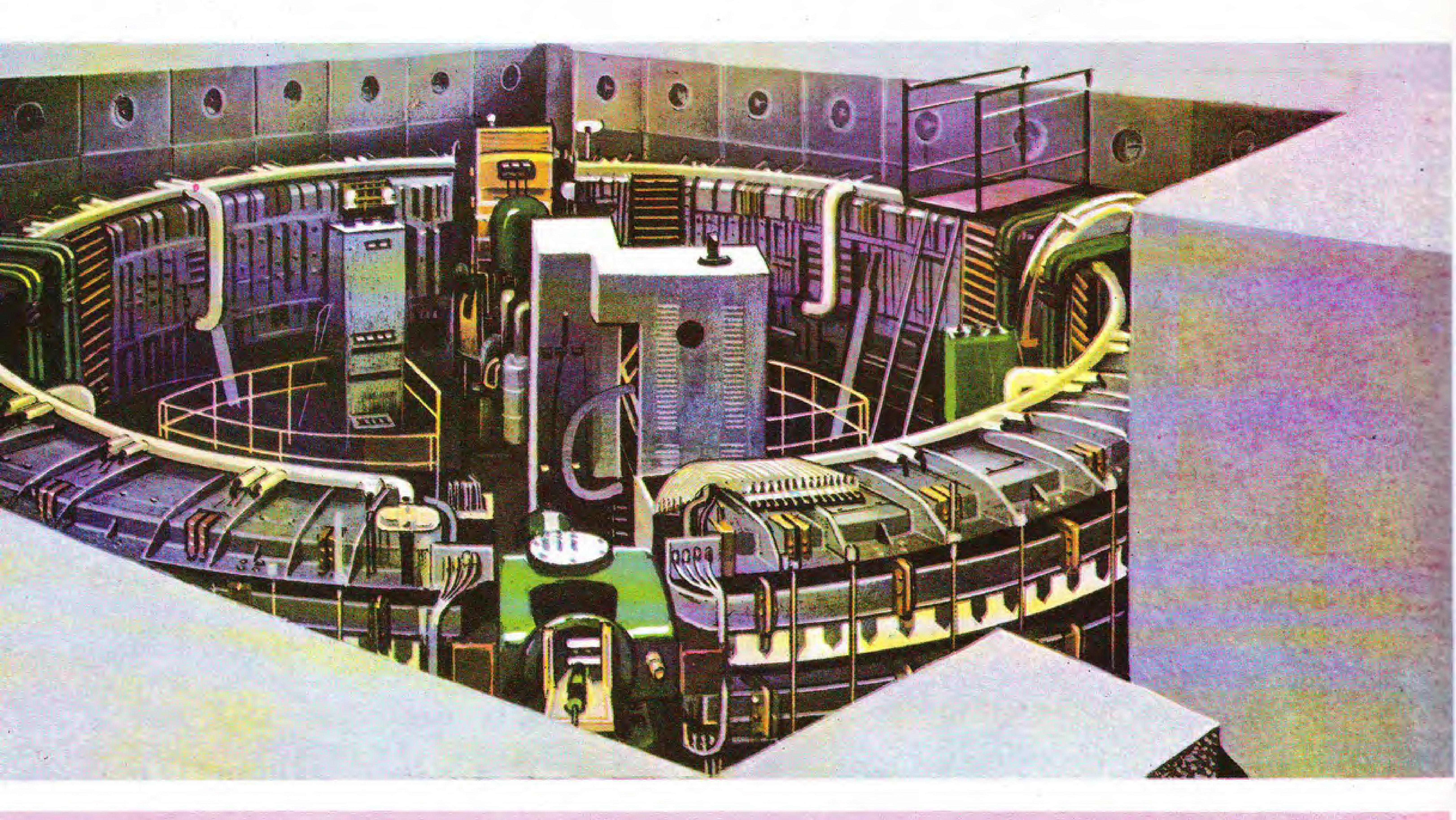
صَدَماتٍ أَعنفَ ، وردّات فعلٍ جديدة بين الُجزَيئات . وهكذا ، فقد بَنَوا مُسَرِّعاتٍ من نماذجَ مُختلفة .

فالمسرِّعة الإلكتروستاتيّة التي تَحمِل اسمَ مُخترعِها ، الاميركيّ « فان دي غراف »، تُطلِق طَلَقاتٍ خاطِفة ، تحتَ فارقٍ كُمُونيٍّ يبلغُ ملايين الفَلطات .

أمّا المُسَرِّعات الخَطِّيّة° التي تعمل فيها الألكترونات ، فتَستعمِل تَوَتُّراتٍ أقلَّ ارتفاعاً ؛ إلّا أنَّ سرعةَ الُجزَيْئات تُضاعَفُ فيها عدّةَ مرّات ، في أثناءِ انطِلاقِها المستَقيم .

هناك أخيراً المسرِّعات المستديرة ، التي ابتدعَ أُولاها ، عام ١٩٣٤ ، عالمٌ أميركيّ آخر ، هو « إرنِسْت لورانس » . فالجُزَيْئات هنا يُسَرِّعها حَقلٌ كهربائيّ ، فيما يقودُها حَقلٌ مغنطيسيّ ، على مَسارٍ[٦] لَولَبِيّ[٧] الشكل . غير أنَّ إمكاناتِ هذا الجهاز محدودةٌ ، لا تتجاوز ٢٠ مليون إلكترون – فلط ؛ على اعتبار أنَّ الُجزيئات ، متى بلغَتْ مِثلَ هذه السرعة ، وقعَتْ ضمنَ نطاقِ القوانين النسبيَّة ، ونَمت كُتَلُها بشكل مَلحوظ . والحالُ أَنَّ القذائفَ ، عندما لا تعودُ في طَورٍ واحدٍ مع توتُّر الجهاز المتناوِب ، تفقُدُ أَهلِيَّتَها للتَسريع .

لمعالجة انقطاعِ هذا التَزامُن[٨] ، ابتُدِعَت المسرِّعة سِنكْروسيكْلُوْترون (synchrocyclotron) التي تبلغُ طاقتُها مِئاتِ الملايين من الألكترونات الفلطيّة ؛ ثم المسرِّعة « سِنكْرُوترون » (synchrotron) حيث الُجزيئات – وهي عادة بُروتونات – تَتبعُ مساراً مستديراً كلَّ



مسرِّعة سنكروترون تسمح ببلوغ طاقات مرتفعة جدّاً ، وتسمح بالتالي ، بإثارة عدد كبير من الأحداث النَوَوِيَّة ، وفي جُملتها ابتداع الجزيئات ابتداعاً مصطنعاً .

الاستدارة ، يَسمَحُ بتحقيقٍ طاقاتٍ أرفعَ كثيراً ، تبلغُ عدّةَ مِليارات من الألكترونات الفلطيّة ؛ ممَّا جعلَ توليدَ الجُزَيئات التي تظهر في الأشِعَّة الكَونية كلِّها تقريباً ، أَمراً مُمكناً .

هذا ، ويَشمَلُ مركزُ « سَكلي » مسرِّعةَ « ساتورن » ، وهو « سِنكروترون » تبلغُ قوَّته مِليارَيْ إلكترون – فَلط . أمَّا المركزُ الاوربّي للبحوث النَوَوِيّة في جنيف ، فبمستوى ٢٨ ملياراً . وفي « بُروخافن » ، من الولايات المتّحدة ، مسرِّعة «سَنكروترونية» بقوّة ٣٣ ملياراً ؛ أمّا الروس فقد بلغوا مرتبةَ ٧٦ مِلياراً ، بفضل مسَرِّعةً «سِرْبُوخوف» التي يَبْلغ قُطْرُ حلقتِها ٤٦٠ متراً .

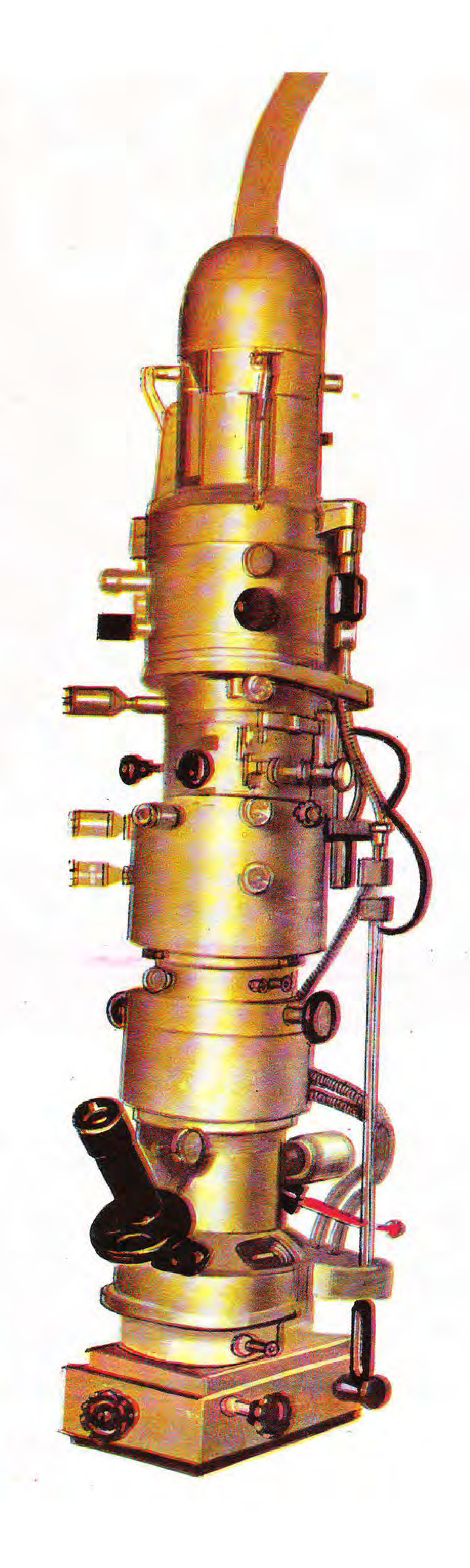
التفسير

١ – الجزيئات : جمعُ جُزَيْئة : جُزءٌ صغير.
٢ – القَصْف : الضَربُ الخاص بالمدفعيّة.
٣ – رَابط يُرابِطُ في مكان : لازمَه.
٤ – التحرِّي : البحث. مَصدر تحرَّى الحقيقة : بحث عنها.
٥ – الخطِّيّة : ذات الإتِّجاه المستقيم.
٦ – مَسار : من سار : خطّ السير.
٧ – لَوْلَبيّ : بشكل لَوْلَب ، حَلَزونيّ الشكل.
٨ – التزامُن : الإتِّفاق في الزمن.

الأسئلة

١ – ما هي الجزيئات التي تشكِّل نواة الذَرَّة ؟
٢ – ما الذي يدورُ حول النواة ؟
٣ – كيف يتمّ فصلُ جُزيئات النَواة ؟
٤ – أيُّ جهاز يُستعمل في عمليّة الفصل هذه ؟
٥ – أُذكر نماذجَ من المُسَرِّعات.
٦ – أيُّ نوع من المسرِّعات هو الأَقوى ؟
٧ – ما هي قوَّة مسرِّعة « سَكلي » ؟
٨ – ما هي طاقة مسرِّعة « سربوخوف » ؟

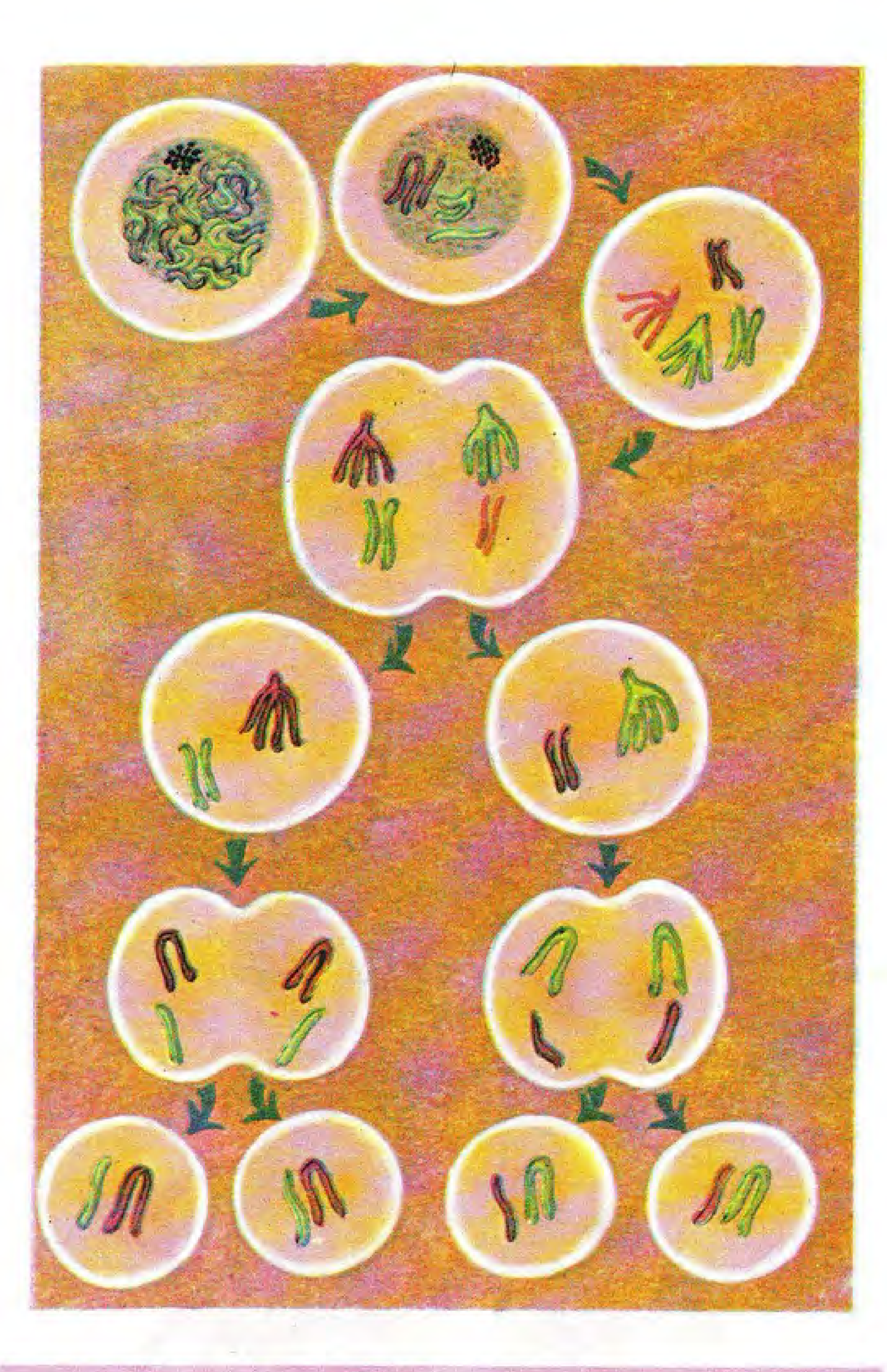
المجهر الالكتروني عين قادرة على رؤية الفيروسات والجزئيات



ما كانت أفضلُ المجاهرِ البصَرِيَّة قادرةً على تكبير الأشياء أكثَرَ من ٣٠٠٠ مرّة. أمّا اليوم، فانَّ المِجهَرَ الإلِكْترونيّ يَسمحُ بتكبير الأَشياءِ حتّى حُدودِ المليون مرّة؛ وفي مثلِ هذه الحدود، تظهرُ الكُرَيَّةُ الحمراءُ بقُطرٍ يبلغُ ثمانيةَ أَمتار، ويَظهرُ الرجلُ بقامَةٍ تَبلغُ ١٧٠٠ كيلومتر!... بفضلِ هذا المِجهَر، تنكشفُ الخلِيَّةُ الآنَ، عن تَعَقُّدِها الهائل، فاذا هي آهلةٌ بعددٍ كبير من الجُسَيْمات التي تمَثِّلُ مُختبَراتٍ مُتَعدِّدةً عاملةً بانسجام؛ وبفضلِه غَدَت الفيروسات[1] عينُها مَرئِيَّةً بحجمِ الخلايا الكبيرة، بما فيها المِروحة المزدوجة المُذهِلَة[2] التي تحوي، ضمنَ نَواةِ الخليَّة، بَرنامَجَ الوِراثة بكامِله...

المجهر الإلكتروني الذي وضع في الخدمة للمرّة الأولى، في فرنسا، في مؤسَّسة بَستور في باريس. هنا، حلّ محلّ النور المستعمل في المجاهر البصَريّة، دفقةٌ قويّة من الإلكترونات، وحلّ محلَّ العدساتِ الزجاجيّة أجهزةٌ كهرَطيسيَّة.

يعودُ الفصلُ ، في فِكرة المِجهر الإِلكْتروُنيّ ، الى الفيزيائيّ الفَرنسيّ « لويس كرتان » ؛ وهي فكرةٌ ترتكزُ على نظريّات[3] « لويس دي بروغلي » في الميكانيكا المَوجيّة . فبالاستنادِ الى هذه النظريّات ، لا فرقَ أساسيّاً بين البَصريّات الضَوْئيّة، والبصَريّات الإلِكْتُرونيّة . وإن صحَّ ذلك ، أمكن بناءُ مَجاهرَ غايةٍ في الكِبَر ، تَحُلُّ فيها محلَّ النورِ دَفْقَةٌ من الإلِكترونات . إذاً فقد حَلَّتْ محلَّ العناصِر البَصريَّةِ العاديّة (أي عدَسات الزجاج) أَجهِزَةُ إِلكتروستاتيّة أو مغنطيسيّة ، تَعمَل في مجرى الإلكترونات عَمَلَ عدَسات الزجاج في أشِعَّةِ النُور .



فوق : مراحل انقسام الخليّة كما رآها المجهر الإلكتروني . فبعد التعديل الذي يَطرأ على الجسيمات التي تكوِّنُها ، تصابُ الخليّة باختناق ينتهي بانفصامها الى خَلِيَّتين جديدتين . ولا تلبثُ كلُّ خليّة أنْ تعاني العمليّة التي عانتها الخليّة الأم ، فتنفصِم وتعطي خليّتين جديدتين ، وهكذا دواليك ...

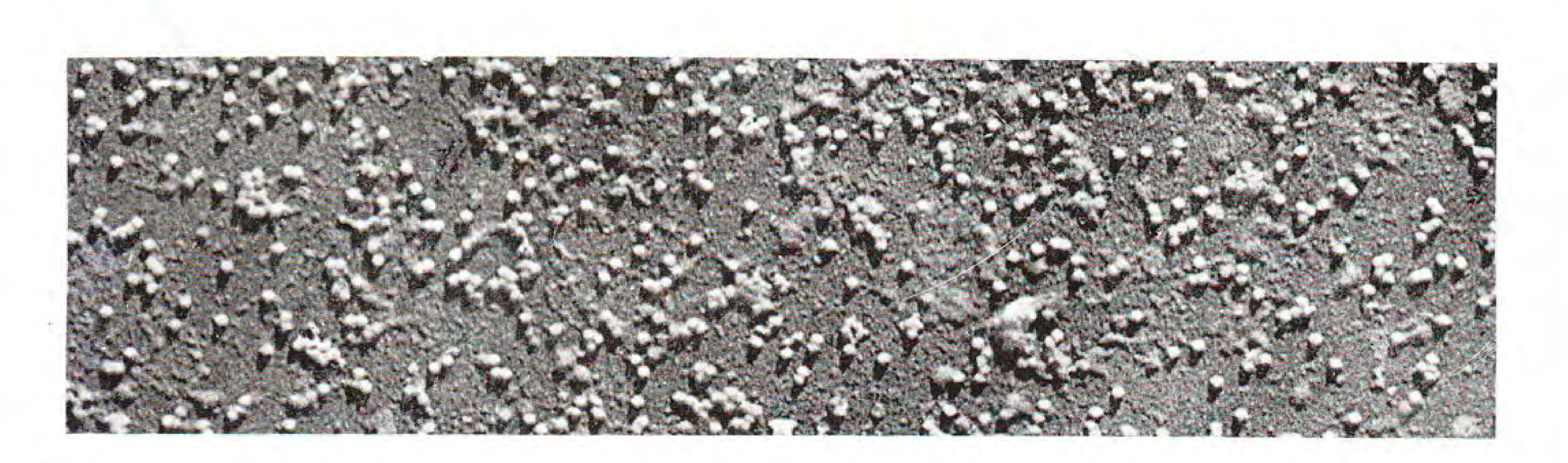
ولمّا كانت الموجةُ الإلِكترونيّة أقصرَ كثيراً من الموجةِ الضوئيّة ، كانت « قدرتُها على الفَصل» أكبرَ كثيراً ، ، وبالتالي كان تكبيرُ الصورة أضخمَ كثيراً . والجديرُ بالذكر ، أنَّ الصُوَرَ التي يتِمُّ الحصولُ عليها ، في هذه الشُروط ، يُمكنُ أنْ تُسجَّلَ على لَوحة فُوتُغرافيّة[4] ، كما يُمكِنُ أنْ تُرى مباشَرَةً على شاشةٍ مُفَلْوَرَة ، شبيهةٍ بالتي تُضيئُها الأَشِعَّةُ السينيّةُ ، في الفحص بالأشعّة .

لقد غدَتْ مدينةُ « تولوز » ، بمختبَرِها المُختَصّ ، الذي يُديرُه الاستاذُ « غستون دُوبُوي » ، تحت رعايَةِ المركز الوطني للبُحوث العلميّة ، عاصمةَ البَصَريّات الإلِكترونيّة في العالم . ففي هذه المدينةِ ، يَعملُ جِهازان عِملاقان : يَعمل الأوّل

تحت توتُّر يبلغُ مَليون فَلط ؛ ويعمل الثاني ، الذي تمَّ بناؤُه وضبطُه عام ١٩٦٩ ، تحتَ ضغطٍ يبلغُ ثلاثةَ ملايين فَلط . ويُعتبرُ هذا الجهازُ الأخيرُ أَكبرَ وأقدرَ جهازٍ قائمٍ حتَّى اليوم . فمُوَلِّدَتُه وأُنبوبُه الألِكترونيّ موضوعان في حَوْضين يبلغ عُلُوُّهما ٨ أمتار ، مليئَين بغاز عازلٍ مَضغوط . أمَّا عمودُ المِجهر البالغُ عُلُوُّه ٤ أمتار تقريباً ، فيَزنُ ٢٢ طنّاً . أَمَّا العدساتُ المغنطيسيّة الجبَّارة ، اللازمة لتَبْئِيرْ حُزمة الألكترونات التي تخترقها بسرعة تقاربُ سرعةَ الصوت ، فهي هنا ستُّ عدساتٍ مُتَراكِبَة .

إنَّ هذا الجهازَ الجديد ، يُمَكِّن الباحثين من المضيِّ قُدُماً[6] في البحثِ عن تركيبِ المادة الخفيّ ، سواء كانت هذه المادّة جامِدةً أو حيّة ، ويُمَكِّنهم هكذا من التعمُّق في دراسةِ العالَمِ المُتَناهي الصِغَر . ولقد وُضِعَت في « تُولوز » طريقةٌ تسمَحُ بمراقبةِ الأجسامِ الحيَّةِ الصُغرى ، وهو أمرٌ كان مستحيلاً في ما سبق ، بسبب الفراغِ المسيطرِ في داخل الجهاز ، والذي تَنفَجرُ معه الخلايا الحيَّة . والواقعُ أنَّ الخلايا تُوضَعُ في غُرفةٍ صغيرة معزولة تتوفَّرُ فيها شُروطُ الحياة العاديّة .

هذا ، وأُحيطَ المِجهران باحتياطات[7] كبيرة ، لحماية العاملين فيهما من خطر الأشعَّة السينيَّة الشديدة الإختراق ، والتي تظهر على مُستويات مختلفة من مَسارِ الإِلكترونات .



فيروس الشَلَل المخيف .

التفسير

١ – الفيروسات : جراثيمٌ صغيرةٌ جدّاً لا تُرى بالمجاهر العاديّة .
٢ – مُذهِل : عجيب لدرجة أنَّه يُفقد الوعيَ .
٣ – نظَريّات : آراء لم تَثبت صِحّتُها .
٤ – لوحة فوتوغرافيّة : لوحة صالحة للتصوير الشمسيّ .
٥ – تبئير الصورة : تركيزها ، ضبطُها .
٦ – مضى قُدُماً : تقدّم .
٧ – إحتياطات : إجراآت وقاية وحماية .

الأسئلة

١ – ما هي حدود التكبير في المجهر البصَريّ ؟
٢ – ما هي مجالات التكبير في المجهر الإلكتروني ؟
٣ – كيف تُرى الكريّة الحمراءُ في المجهر الالكتروني ؟
٤ – ما هي نظريّةُ بروغلي في البصريّات ؟
٥ – ماذا حلَّ محلَّ العدسات في المجهر الإلكتروني ؟
٦ – بمَ اشتهرت مدينة تولوز؟
٧ – أُذكر فوائد المجهر الإلكتروني .

وِلادَةُ حَضَارَة

١ - من الحجر المقطوع إلى مكنات الصناعة ذات الذاكرة • السّيطرة على النار • ولادة الكتابة
٢ - الزجاج مادّة شفّافة • الدولاب جهاز نقل • طيّارة الورق، أكثر من لعبة بسيطة
٣ - آلات قياس الوقت • الورق، مطية الفكر • الطرقات، سُبل اتصال بين الشعوب
٤ - السيطرة على المعادن • المرآة: من دنيا التبرّج الى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحرّك
٥ - من النظارتين الى المنظار الى المقراب • السهم النّاري يصبح آلة تحرّرنا من الأرض • الصابون والمنظفات المنافسة

التَقنيّة تقوم بأولى تحدّياتها الكَبيرة

٦ - المطحنة المائية والمطحنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتمبرغ الى ... غد
٧ - الأسلحة النارية عدّة هلاك • البوصلة • طوق الكتفين، في طقم الفرس، خلاص للمرهقين
٨ - "دولاب بسكال" جدّ الآلات الحاسبة الالكترونية • من المظلة الى الدبابة • آلات إحداث الفراغ
٩ - التحرك على وسادة من هواء • المجهر في سيطرته على المتناهي الصغر • ميزان الضغط.

منَ الحِرَف اليَدويّة الى الصّناعَة

١٠ - الآلة البخاريّة • من المراكب البخارية الأولى الى السفن الحديثة • من "السلحفاة" الى "الصاعقة"
١١ - المروحة وانطلاق الملاحة ... • من عربة "كونيو" البخارية الى سيّاراتنا • غاز الإنارة ...
١٢ - الآلات الالكتروستاتية • شارل "فرنكلين" • من المنطاد الى البالونات الفضائية.
١٣ - تلغراف "شاب" • من النسج البدائي الى نول الحياكة • الدراجة الأولى وذرّيتها.
١٤ - بطارية "فولتا" • عيدان الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية.
١٥ - "لينيك" و "الستيتسكوب" • علب المحفوظات التي تعدّ بالمليارات • التربينات في العمل
١٦ - التلغراف الكهربائي يخترعه رسّام ... • آلة الخياطة • عدسة التصوير تنفتح على كل شيء.
١٧ - لوحة الألوان المركّبة • المحرك المتفجّر يجهز ملايين السيارات • التبنيج المخدّر.

العَالَم يُبدّل معَالِم وَجههِ

١٨ - الديناميت للسرّاء والضرّاء • حفر آبار النفط • من الآلة الكاتبة الى الطابعة الالكترونية
١٩ - صناعة البرد • الدينامو مولّد التيّار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد الى اللدائن.
٢٠ - الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • الترام والقاطرة الكهربائية
٢١ - سلسلة البرد • أديسن والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الحاكي الى الالكتروفون
٢٢ - مجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصر الحديد في البناء • أنبوب أشعة إكس يقهر الكثافة.
٢٣ - من الفنكستسكوب الى السينماسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يخفق بالآمال الرحبة
٢٤ - محرّك ديزل يخرج من قداحة • الاتصالات البعيدة المدى تنتقل على موجات الأثير • البيليونغراف
٢٥ - زجاج لا يجرح • آلات توليد العواصف • الصور السحرية على الشاشة الصغيرة.

مِنَ الذَرّة إلىَ الفَضَاء

٢٦ - كاشفات الجزيئات الدقيقة • المدفعية الذريّة • المجهر الالكتروني عين قادرة على رؤية الفيروسات
٢٧ - الرادار الساحر • من الأنبيق القديم الى أبراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
٢٨ التزنزيستور والتزنزستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي تتوهج فيها طاقة الشمس

أرسى القرن الثامن عشر علم الكهرباء ، وأطلق أولى السُفن البُخارية ، والمناطيد والغوّاصات الأولى . وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصّناعيّة بفضل البخار والكهرباء والآلة . فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع : منَ القاطِرةِ والسّكة الى عيدان الثقاب ، ومن التلغراف إلى التصوير الشمسي ، ومنَ الدرّاجة إلى التربينة ...

تأليف : ف . لوت
رسوم : ب . بروبست
ترجمة واعداد : سهيل سماحة